



# **Konvertering av uppvärmningsystem från olja till bergvärme**

Fallstudie : Grännäs skola

Razaw Najmadin

Examensarbete  
Distribuerade energisystem  
2015

EXAMENSARBETE	
Arcada	
Utbildningsprogram:	Distribuerade energisystem
Identifikationsnummer:	
Författare:	Razaw Najmadin
Arbetets namn:	Uppvärmning i Grännäs skola - Konvertering från olja till bergvärme
Handledare (Arcada):	Kim Skön
Uppdragsgivare:	Duopoint
<p>Vi har alltid haft stora behov av olika energiformer för uppvärmning av diverse fastigheter. För att täcka vårt energibehov använder vi stora mängder av fossila bränslen som orsaker koldioxidutsläpp. Dessa energikällor har medfört ökade halter av växthusgaser i atmosfären, som följd av detta har medeltemperaturen ökat på jorden. Inom de senaste 25 åren har temperaturökningen accelererat.</p> <p>Grunden till detta examensarbete var att undersöka Grännäs skolans energianvändning för ett års tid med IDA ICE simuleringsprogrammet. Detta behövdes göras för att skolan skall konvertera energikällan från olja till bergvärme. Enligt energianvändningen bestämdes den värmepumpen som skall användas och antal borrhål som behövs för att uppnå den önskade värmeeffekten. Examensarbetet gjordes på begäran av ingenjörbyrå Duopoint som ligger i Borgå.</p> <p>Teoridelen av examensarbetet handlar om bergvärme allmänt, värmepumpens funktion och dimensionering av bergvärmesystem. I detta kapitel skriver jag även om olika energikällor som är av fossila bränslen i allmänhet och om koldioxidutsläpp och dess klimatpåverkan.</p> <p>Resultatet av undersökningen gav att skolans energianvändning för ett år var 310 000 kWh och toppeffekten på årets kallaste dag 99 kW enligt IDA ICE simuleringsprogrammet. Enligt Danfoss Oy rekommenderas två st. DPH-M värmepump som ger 168 kW för att klara den toppeffekten som skolan behöver, plus en mängd olja som reserv för de kallaste dagarna. 12 styckena borrhål med 200 meter djupt krävs för att få den värme energin som behövs för skolan.</p>	
Nyckelord:	Energi, Bergvärme, Olja, IDA ICE
Sidantal:	32
Språk:	Svenska
Datum för godkännande:	

DEGREE THESIS	
Arcada	
Degree Programme:	Distributed energy systems
Identification number:	
Author:	Razaw Najmadin
Title:	Heating in Grännäs school - Converting from oil to ground source heating
Supervisor (Arcada):	Kim Skön
Commissioned by:	Duopoint
<p>There has been a big need of different forms of energy for heating various buildings. To cover our energy needs we use large amounts of fossil fuels which causes carbon emissions. These energy sources have led to increased levels of greenhouse gases in the atmosphere, as a result the average temperature has increased on Earth. In the last 25 years the temperature rise has accelerated.</p> <p>The aim of this thesis was to calculate Grännäs school's energy use for one year using IDA ICE simulation program. This was needed because the school was going to convert the energy source from oil to geothermal heating. According to the energy calculation the heat pump to be used and the number of holes to be drilled, were determined. The work was done at the request of the engineering office Duopoint which is in Porvoo.</p> <p>The theory part of the thesis is about geothermal in general, the function of the heat pump and the design of geothermal heating system. This chapter also discusses various energy sources which are fossil fuels in general and carbon emissions and their impact on the climate.</p> <p>The result of the study gave the school an energy consumption of 309,272 kWh and 99 kW for one year, according to IDA ICE simulation program. According to Danfoss Oy the recommendation was two DPH-M heat pumps which give 168 kW to meet the peak power the school will need, plus the amount of oil that may be needed during the coldest days in the year. Twelve boreholes a´ 200 meters deep are required to get the thermal energy needed for the school.</p>	
Keywords:	Energy, Geothermal, Oil, IDA ICE
Number of pages:	32
Language:	Swedish
Date of acceptance:	

OPINNÄYTE	
Arcada	
Koulutusohjelma:	Hajautettu energiajärjestelmä
Tunnistenumero:	
Tekijä:	Razaw Najmadin
Työn nimi:	Lämmitys Grännäs koulussa - Muuntaminen öljystä maalämpöön
Työn ohjaaja (Arcada):	Kim Skön
Toimeksiantaja:	Duopoint
<p>Meillä on aina ollut suuri tarve eri energiamuotojen käyttöön rakennusten lämmittämiseksi. Energiantarpeen kattamiseen käytämme suuria määriä fossiilisia polttoaineita, mikä aiheuttaa hiilidioksidipäästöjä. Näiden energialähteiden käyttö on johtanut ilmakehän kohonneisiin kasvihuonekaasuihin, minkä seurauksena on ollut keskimääräinen lämpötilan nousu maapallolla. Viimeisen 25 vuoden aikana lämpötilan nousu on kiihtynyt.</p> <p>Opinnäytetyön tarkoituksena oli selvittää Grännäs koulun yhden vuoden energiankäyttö IDA ICE simulaatio-ohjelman avulla. Tämä tehtiin siitä syystä että koulun energialähde muunnettiin öljystä maalämpöön. Energiankäyttölaskelman mukaan määräytyi mitä lämpöpumppua voidaan käyttää sekä porattujen reikien lukumäärä. Työ tehtiin insinööritoimisto Duopointin toimesta, joka sijaitsee Porvoossa.</p> <p>Opinnäytetyön teoriaosa kertoo maalämmöstä yleensä, lämpöpumpun toiminnasta sekä maalämpöjärjestelmän mitoituksista. Tässä luvussa tarkastellaan myös erilaisia, fossiilisten polttoaineiden energialähteitä sekä niiden hiilipäästöjä ja hiilijalanjälkiä.</p> <p>Selvityksen mukaan koulun energiankulutus vuodessa oli 309272 kWh ja 99 kW. Danfoss Oy suositteli käytettäväksi kaksi kappaletta DPH-M lämpöpumppua, jotka tarjoavat 168 kW jolla pystytään vastaamaan koulun tarvitsemaan huipputehoon, sekä öljymäärään jota voidaan tarvita kylmimpinä päivinä. Jotta kouluun saatiin tarvittava lämpöenergia tarvittiin 12 porakaivoa, jotka olivat 200 metriä syviä.</p>	
Avainsanat:	Energia, Maalämpö, Öljy, IDA ICE
Sivumäärä:	32
Kieli:	Ruotsi
Hyväksymispäivämäärä:	

# INNEHÅLL

<b>FÖRORD .....</b>	<b>6</b>
<b>1 Inledning.....</b>	<b>7</b>
<b>2 TEORI .....</b>	<b>12</b>
2.1 Fossila bränslen .....	12
2.2 Koldioxidutsläpp .....	13
2.3 Bergvärme .....	15
2.4 Värmepump .....	17
2.5 Värmedistribution.....	19
<b>3 IDA ICE .....</b>	<b>20</b>
3.1 Genomförandet.....	20
3.1.1 Zone och byggnadsskal.....	20
3.1.2 Byggmaterial.....	22
3.1.3 Energianvändning för värme .....	23
3.2 IDA ICE Resultat .....	24
<b>4 VAL AV BERGVÄRMEPUMP .....</b>	<b>26</b>
<b>5 DIMENSIONERING AV BORRHÅL.....</b>	<b>27</b>
<b>6 DISKUSSION OCH SLUTSATS.....</b>	<b>28</b>
<b>7 FRAMTIDSARBETE.....</b>	<b>29</b>
<b>8 KÄLLOR.....</b>	<b>30</b>
<b>9 BILAGOR .....</b>	<b>32</b>

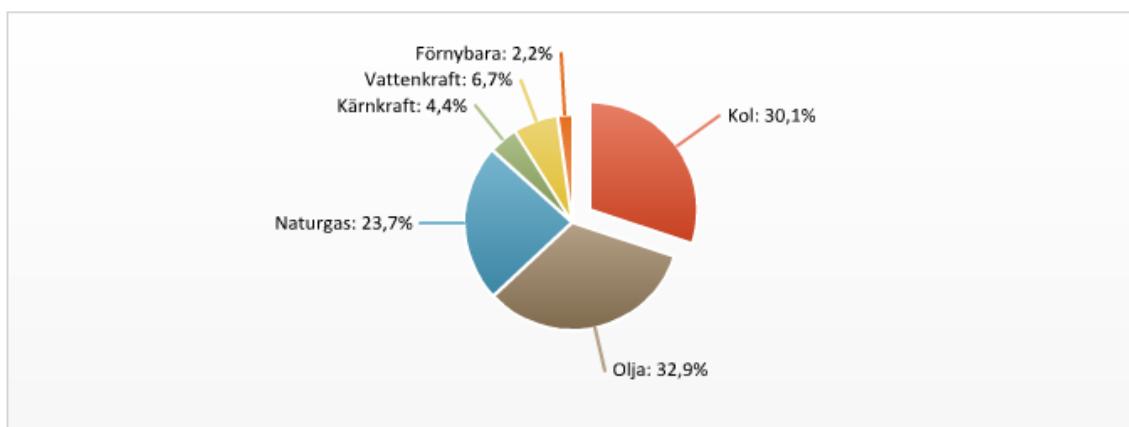
## FÖRORD

Följande rapport är ett examensarbete som ger 15 högskolepoäng, inom distribuerade energisystem vid Arcada yrkeshögskola. Detta slutarbete kommer att även muntligt redovisas. Detta projektarbete är gjorts för Duopint, ingenjörbyrå. I samband med detta vill jag tacka de personerna nedan:

Stort tack för min handledare, Kim Skön för handledningen under arbetets gång. Jag vill tacka så mycket Kaj Karumaa, lärare på Arcada som har hjälpt mig med räkningarna. Jag vill tacka även granskaren, Karis Durbo. Slutligen vill jag tacka Anders Nordström från Danfoss OY.

## 1 INLEDNING

Vi har alltid haft stora behov av energi i vårt vardagliga liv för att värma upp våra bostäder, skolor, lokaler och andra fastigheter och för varmvatten användningen. De största globala energikällan är från fossila bränsle som kol, naturgas och olja. Internationellt erkänd klimatforskning visar att användning av fossila bränslen påverkar klimatet och åstadkommer en ökning av jordens medeltemperatur (24). Under de senaste 25 åren har ökningen accelererat (Cecilia Kellberg, 2012)<sup>α</sup>. Även på grund av energi prisets ökning har oljans andel i den globala energitillförseln minskat under hela 2000- talet. Oljan har motsvarat knappt 33 % av den totala globala energi förbrukningen för år 2013 (7). Figur (1) visar den globala energianvändningen.



Figur 1. global energianvändning

”Om vi inte tar vårt ansvar att minska våra utsläpp av växthusgaser är det inte frågan om vi står inför en katastrof, utan hur stor den blir, hur snabbt den kommer och var den kommer att slå hårdast”. Den globala uppvärmning kommer att påverka såväl natur som människor och det är vi som är anledningen. (WWF, 2014) (2).

Finland är en av de 150 länderna i världen som har undertecknat klimatkonvention som trädde i kraft 1994, ett protokoll skrevs under i Kyoto i Japan år 1997. Målet med klimatkonventionen är att varje land ska minska på sina utsläpp med minst 50 % under de närmaste 50 åren (13) . Finland är även med de EU-ländernas 20-20-20 programmet som strävar till att använda minimum 20 % av energianvändningen av förnybara energikällor till år 2020.

Detta examensarbete handlar om att undersöka en skolas energianvändning som konverterar energikällan från olja till ett billigare och miljövänligare alternativ, bergvärme. Oljepannan kommer att vara kvar och användas vid de kallaste dagarna. Skolan heter Grännäs skolan som ligger i Borgå, den består av tre byggnader två av dem skall renoveras och den tredje skall byggas till. detta projekt undersöker jag på begäran av Duo-point som är en ingenjörbyrå. Undersökningen av energianvändningen för skolan kommer att göras med hjälp av simuleringsprogrammet Indoor Climate and Energy (IDA ICE), och enligt energibehovet väljas en lämplig bergvärmepump och antal borrhål.

## 1.1 Bakgrund

Energiförbrukningen är väldigt omdiskuterat ämne eftersom den är kopplad i hög grad med den globala uppvärmningen. Energieffektivisering hör man mycket i media samt politiska debatter där diskuterar man om nya förslag om lagar där förbättrar energieffektivisering. För att skapa ett hållbart klimat på vår jord, oavsett var, krävs ett internationellt samarbete.

Energianvändningen har globalt ökat med 43 % sedan år 1990. Energianvändningen har ökat från 31 298 TWh till 104 424 TWh från år 1990 till 2012 (4). Ökningen av energianvändning gäller alla sektorer industri, fastigheter och transport. På grund av att alla länderna inte har samma klimat, ekonomi utveckling och energiproduktion med mera så är energianvändningens ökning är olika från ett land till ett annat land, till exempel energianvändningen för industrin har ökat med 49 % sedan år 1990 detta beror på att en stor del av Asien har ökat på industriproduktionen (4).

Fastigheter har väldigt stora betydelse när det gäller energianvändningen som i sin tur påverkar klimatförändringen, därför ökat användande av olika energibesparande tekniker kan ge väldigt stort minskning av koldioxidutsläppen. Eftersom energianvändningen för fastigheter står för ungefär 36 315 TWh vilket motsvarar 25 % av den globala energianvändningen(4).

EU-länderna arbetar för en minskning av koldioxidutsläpp och har därför gjort ett program med namn 20-20-20 paket för att kunna utnyttja de förnybara energikällorna,



bland annat bergvärme. Den gemensamma politiken strävar mot att öka användningen utav de förnybara energikällorna för att minska på klimatförändringen samt för att öka energisäkerheten i framtiden. I mars 2007 bestämde de europeiska stats- och regeringscheferna om ett gemensamt mål för EU-länderna. År 2020 ska 20 % utav energin tillverkas av förnybara energikällor (5). Finlands personliga mål för året 2020 är att 38 % av den slutliga brutto energikonsumtionen ska vara av förnybara källor (Europeiska kommissionen). Finland lockar till användning av förnybar energi genom till exempel skattebefrielser, och också finns det regler när man ska bygga nya fastigheter, renovera eller bygga till. Miljöministeriet är en myndighet som ansvarar för det.

Enligt statistikcentralens förhandsuppgifter är koldioxidutsläppen i samband med energiförbrukningen är 78 % av alla utsläppen i Finland vilket motsvarar 47 miljoner ton koldioxidutsläpp från fossila bränsle år 2013. Det totala växthusgasutsläppen är 60.6 miljoner ton, utsläppen var nästan lika mycket som året innan det vill säga 2012. Inom energisektorn har användningen av olja, naturgas och torv som energikälla minskade medan stenkol användningen har ökat. Enligt utsläppshandeln är utsläppen av växthusgaser hade Finland mindre än tillåten mängd med ungefär 6 % för år 2013 (6). Utsläppshandel är ett ekonomiskt styrmedel som organiseras vanligtvis av regering eller av myndigheter där bestäms det tillåten mängden av växthusgaser som varje land får utsläppa i atmosfären för alla länderna i världen som ställts i Kyotoprotokollet. Företaget som släpper ut mindre än sin tillåts mängd får antingen spara rätterna till nästa period eller sälja den till ett annat företag som har mer utsläpp än sin ransoner. Ju fler bolag som behöver köpa utsläppsrätter, desto dyrare blir priset, vilket är en bra affär för att få företagen att minska på sina utsläpp (7).

## 1.2 Syfte

Examens arbets syfte är att beräkna energianvändningen för Grännäs skola som ligger i Borgå för att man ska kunna välja en värmepump vid övergång från olja till bergvärme. Frågeställningen är aktuell eftersom man planerar att övergå till bergvärme vid renoveringen och bygga en till byggnad. Syftet med bytet av energikälla är att skolans energiförbrukning ska kunna följa de koldioxidutsläpps normer som ställs av myndigheterna och att minska på skolans energikostnader.

## 1.3 Metod

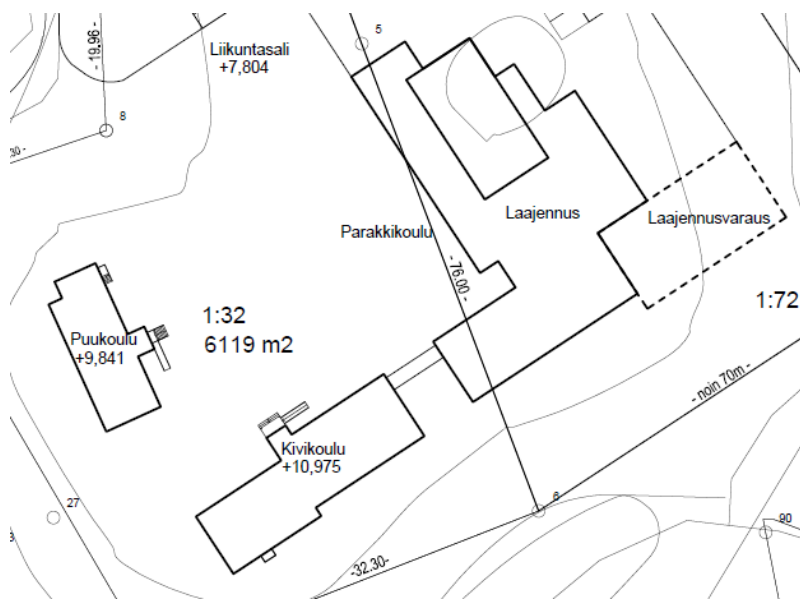
Jag använde IDA ICE - simuleringsprogram för att beräkna energiförbrukningen för Grännäs skola på ett års period. Sedan har jag kontaktat olika företag och använt beräkningar från andra högskolors rapporter för att hitta en lämplig värmepump och antal borrhål för att uppnå den önskade värmeeffekten för skolan.

## 1.4 Grännäs Skolan

Det är en serie skola som kommer bestå av tre byggnader, två av byggnaderna finns redan och den tredje kommer att byggas till. fastigheten är kommunal och ligger i Borgå, byggnaderna heter Puukoulu (trä skola), Kivikoulu (sten skola) och Laajennus (utvidgning), det är den byggnaden som skall byggas. det är en grundskola som kan passa för 150 elever efter renoveringen och den nya byggnaden.

Puukoulu är en gammal byggnad som är byggd år 1905, tidigare har byggnaden bestod av en skola och en lägenhet. År 2012 omvandlade lägenhetens rum till klassrum då blev hela byggnaden en skolbyggnad. Skolbyggnaden kommer renoveras enligt byggbestämmelse allt från väggar, golv, tak, fönster, och dörr även att ventilation systemet och radiatorer kommer byttas.

Kivikoulu är byggd år 1950 denna byggnad är större än puukoulu där finns bland annat kök och matsal. Byggnaden skall också renoveras som puukoulu, både byggnaden kommer renoveras på det sättet att ingen ska vara bekymrad över något i 25 år framåt. Dessutom de två byggnaderna skall byggas en till skol byggnad som ska ha en genomgång med kivikoulu. Byggnaden skall byggas enligt dagens byggbestämmelse. Figur (1) är en plan ritning som jag har fått från Duopoin.



Figur 2. planritning på skolan

## 2 TEORI

### 2.1 Fossila bränslen

Det finns en livsnödvändig naturlig process som har möjliggjort att vi människor, Djur och växter kan leva i så behagligt klimat på vår jord, vilket som heter naturligt växthuseffekt. Utan den naturliga växthuseffekten skulle medeltemperaturen vara 35 grader kallare vid jordytan jämfört med vad det är idag (8) . Växthuseffekten är växthusgaser som bildas av koldioxid, vattenånga, metan, kväveoxid, freoner och ozon. Växthusgasen reflekterar solens infraröda värmestrålning tillbaka till jordytan genom den processen bidrar växthusgaserna att värma upp jordensyta.

Idag är växthuseffekten förstärkt i atmosfären på grund av människans extra utsläpp av växthusgaser framförallt koldioxid utsläpp. I de senaste skelettet Därför är det allt mer infraröda solljus reflekterar tillbaka till jordytan vilket leder till temperaturökning, under de senaste skelettet har temperaturen redan stigit med 0,6 grader och det kommer att stiga med så mycket som 1.4–5.4 grader under de kommande skeletten (8).

Stigande temperaturen kan påverka jorden negativt, då när temperaturen stiger smälter isar och glaciärer i världen. Detta leder till förvärrad uppvärmning av jorden för att de istäckta områdena omvandlas antingen till land eller öppet vatten. Is har mycket bättre förmåga att reflektera tillbaka solstrålar än vatten och land. Utöver att isbetäckta områden reflekterar bättre solstrålar lagras där stora mängder kol och metan i organiska material under marken. Eftersom det finns två olika sätt att frisätta koldioxid till atmosfären, ena sättet är när människor förbränner fossila bränslen och den andra är när nedbrytning av organiska material. Det finns totalt över 1000 miljarder ton kol lagrad i organiska material under permafrostjordarna i Arktis och Sibirien, det är mer kol än alla världens träd(8).

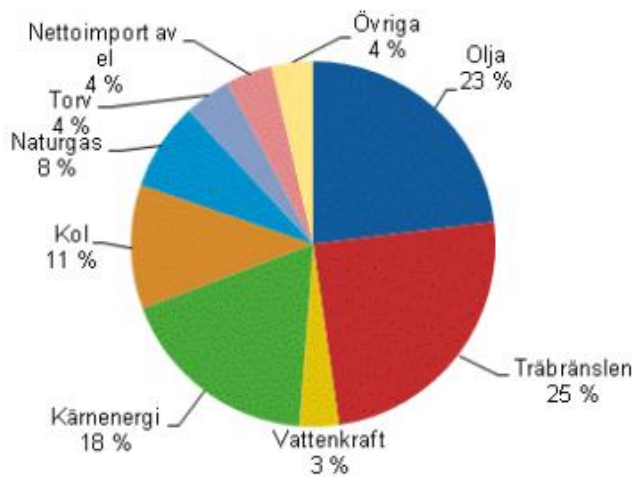
## 2.2 Koldioxidutsläpp

Förbränningen av fossila bränsle bildar koldioxidutsläpp, vilket orsakar till att förstärka växthusgaserna i atmosfären som leder till jordytans temperaturökning. Olja, kol och naturgas räknas som fossila bränslen. De har bildats för miljoner år sedan av döda växt- och djurdelar. Då när de har döds så har de blivit liggande på botten av hav och insjöar, sedan täcktes de av andra lagrar så som sand och grus. Med tryck och temperaturökning har de omvandlats till sten och också till material som kan användas som energikälla. De fossila bränslen som vi använder idag har bildats för 50 till 500 miljoner år sedan, det bildas hela tiden nya fossila bränsle men vi använder mycket mera fossila bränsle än vad som bildas (9). Torv räknas också som fossila bränsle men de när mycket yngre, de som vi använder idag har bildats för några tusen år sedan (9).

Koldioxidutsläpp motsvarar den största delen av växthuseffekten, den motsvarar cirka 70 % av effekten medan metan motsvara cirka 20 %, dikväveoxid och florerade gaser motsvarar 5 % var(9). De olika gaserna har olika förmåga att bidra till växthuseffekten och globala uppvärmning. Med koldioxidekvivalenter ( $\text{CO}_2$ -ekv.) kan man mäta gasernas förmåga att absorbera värmestrålning i olika våglängder och uppehållstid i atmosfären och jämföra de med varandra, Storheten heter på engelska GWP, Global Warming Potential. Genom att mäta hur mycket koldioxid som skulle krävas för att få samma effekt på jordens strålningsbalans. Till exempel på en ton utsläpp bidrar metan 21 gånger mer till växthuseffekt än koldioxid, vilket betyder att 1 ton metanutsläpp motsvarar 21 ton koldioxidekvivalenter (10).

Olja som är en av fossila bränslen är en viktigt energikälla i Finland, det används så mycket som 23 % av totala energikonsumtionen (11). Men för att få hållbar utveckling måste man följa förutsättningar till att minska på användningen av fossila bränslen. Koldioxid halten i atmosfären utgör ett mått på hur mycket växthusgaser vi få släppa ut. Före industrialiseringen var koldioxid halten i atmosfären cirka 288 ppm (parts per million) Sedan dess har halten ständigt ökat. År 2000 var den cirka 370 ppmv (12). I dag diskuterar man vilka gaser leder till stora temperaturökning, om man inte vill globala temperaturökning vara mer än 2 grader måste koldioxid halten stabilisera i atmo-

sfären på 450 ppm år 2100 (12). De globala koldioxidutsläppen orsakas för det mesta av förbränning av fossila bränsle, men även av förändrat markanvändning framför allt avskogning bidrar till ökad halt i atmosfären. Och också från jordbruk och avfall kommer utsläpp av växthusgaser som metan och dikväveoxid. Koldioxid påverkar klimatet under väldigt långtid för att den har långt livstid i atmosfären. Miljöministeriet ansvarar för viktiga delar i arbetet med att minska användning av fossila bränslen för transport och uppvärmning. Figur 3. Visar en statistik på energikälla användning i Finland.



Figur 3. Energitkälla användning i Finland

## 2.3 Bergvärme

I Finland klassificerar bergvärme som förnybara energikälla, man utnyttjar värmen som är lagrad på under jorden som kommer från både solen som har effekt ner till flera hundra meter och längre ner än det kommer värmen från geotermisk. Det är dock endast i markens översta femton meter som temperaturen varierar med årstiderna, därunder märks inga årstidsvariationer. På 200 meters djup är temperaturen alltid 4-10 grader varmt (13).

Energin tas upp från berget med en kolerktorslang genom att man borrar håll på 60-200 meters djup beroende på den energieffekten som bergvärmepumpens behöver. Och beror även på bergets värmelednings förmåga jo större värmepump desto djupare borrhål behövs. Vid större fastigheter som till exempel skolor behövs större värmepump och fler borrhål för att kunna klara av den energimängden som behövs. Kollektorslangen förbindas borrhålet med bergvärme pumpen (13).

Kollektorslangen är fylld med en miljövänlig vätska, brine, det är en vätska som är blandad av vatten och 30 % etanol vilket är en frostskydd vätska används för att förhindra slingan att frysa i hållet. Slangen är tillverkad av polyetenplast 32/40 mm i diameter, slangen får inte vikas ner i borrhålets botten, den svetsas som U-form så att kollektorvätskan ska cirkuleras utan hinder i slangen. Vätskans temperatur i kollektorslangen brukar vara 5-6° C när den kommer från borrhålet till förångaren som finns i bergvärmepumpen, där avger värmen till köldmedievätska som cirkulerar i en annan slänga i värmepumpen (14).

Placeringen av borrhålen ska vara minst 20 meter från varandra för att om de ligger för nära kan de stjäla energi av varandra. De skall placeras även så nära tekniska rummet så möjligt men minst 5 meter från byggnaden. Det tar ungefär 2 dagar att borra 200 meter djupt borrhål. Vanligt vis kan man ta ut 10-30 W/meter borrhål och maximalt 40-43 W/meter borrhål. Det rekommenderas att borra 20-25 % djupare än vad som krävs för att pumpen ska gå i så kallad lågtemperatur system, då systemet går effektivast. Däremot ska man aldrig borra grundare borrhål, det leder till att borrhålen inte levererar den

mängd av energi som värmepumpen behöver för att det ska gå bra då leder det till risk för frysning (14).

Det finns två olika sort berg där kan man borra för att få energi, urberg och sedimentärt. De har olik värmelednings förmåga, urberg har bättre värmelednings förmåga vilket betyder att man måste borra djupare borrhål på sedimentärt berg jämfört med urberg för att få samma energimängd (14). Där kollektorslangen i borrhålet har kontakt med omgivande genom den värme transporterande medium kallas för aktivborrhål, ett exempel på energi överförande medium är grundvatten. Dock grundvattnets nivå varierar från ett ställe till annat samt beroende på hur mycket det har regnat(19).

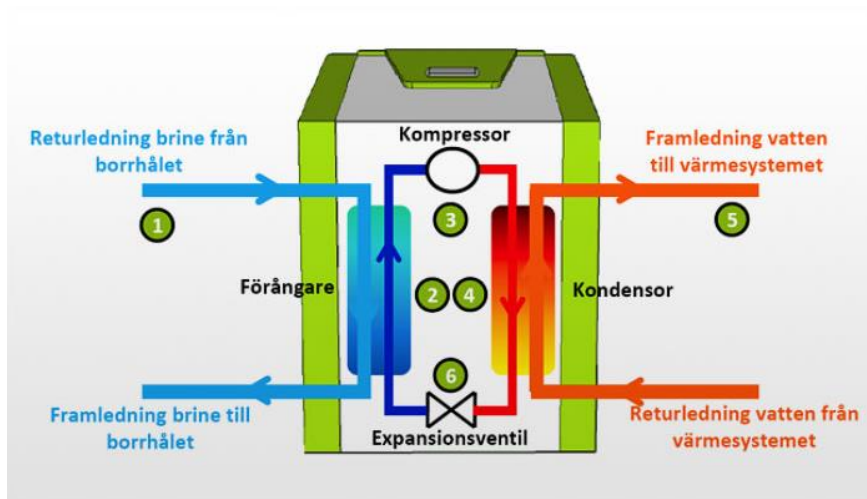
Plus att bergvärme är en förnybar energikälla så krävs det ett litet yta och lämnar små spår i marken och kan användas i fler generationer. Om det är rätt installerad så behöver det ingen service samt låga driftkostnader som leder till att man kan spara upp till 80 % av uppvärmnings kostnader. Med bergvärme pump kan man värma upp stora fastigheter även i de kallaste vinterdagarna (13).



## 2.4 Värmepump

Man får ingen nytta av den låga temperaturen på brinevätskan som pumpas runt i kollektorslangen så man måste höja dess värmeenergi till något användbart temperatur. Detta görs med hjälp av en Värmepump som installeras efter energibehovet för den fastigheten som användas till. värmepumpen installeras antingen på det sättet att den klarar av den maximala effekt behovet eller att den klarar av 50-70 % av fastighetens maximala effekt behovet, då klarar den 90 % av energibehovet, i det fallet så behöver en kompletterande energikälla (15) . Värmepumpen hämtar den energi som är lagrad i berg, luft, mark eller vatten och används som värme för fastigheter som kan vara till exempel hus, skola eller sjukhus.

Värmepump består av fyra huvuddelar förångare, kompressor, kondensor och expansionsventil, de delarna i värmepumpen är förbundna till varandra med ett slutet rörsystem. I rörsystemet cirkulerar köldmedium, som är i vätska form i vissa delar i kretsen och är i gas form i andra delar. I förångaren tar köldmediet värme från brinevätskan som cirkulerar i kollektorslangen vilket är kopplat mellan förångaren och borrhålen, där är trycket så lågt att köldmediet börjar kokas tills det omvandlas till gas form. köldmediet i gas form förs till kompressor, där höjs trycket och gasen pressas ihop vilket gör att temperaturen höjs fort till cirka 100 grader. Det varma köldmediet i gas form går vidare till nästa värmeväxlare kondensor. I kondensor överför värmen till det kalla vattnet som kommer från fastighetens sida och samtidigt köldmediets omvandlas till flyttande form. Det kalla vattnet som kommer från insidan av fastigheten blir varmt och används till både varmt tappvatten och till att värma fastigheten. Från kondensor går det flyttande köldmediet till expansionsventil, där trycket sänks mycket vilket gör att temperaturen på köldmediet sänks. Därifrån går köldmediet tillbaka till förångaren där det började resan. kretsen är en sluten processen som börjar om igen (16).



Figur 4. En värmepump

Värmepumpen fungerar bäst om temperaturskillnaden är lägre mellan förångaren och kondensor, och också den blir effektivare om temperaturen är så låg som möjligt på det vattnet som levererar till radiatorerna, därför måste man i vissa fall installera antingen fler eller större radiatorer. Det är även viktigt att temperaturskillnaden på den tur och retur vattnet från pumpen till radiatorer är konstant. Värmepumpen Rekommenderade driftstid är 3500-4000 h/år. Då når den sin tekniska livslängd 15 år (15).

Innan man bestämmer sig för vilket värmepump man ska välja måste man veta hur effektiv är värmepumpen, det vill säga hur högt COP värde har värmepumpen. COP är förkortning av engelska ordet (Coefficient Of Performance), som betyder värmepumpens värmefaktor. COP visar förhållande mellan tillför energi (W) och genererad värmeenergi (Q) (17).

$$COP = \frac{Q}{W}$$

## 2.5 Värmedistribution

Bergvärmesystemet består av tre slutna kretsar, värmekällan, värmepumpen och värmelednings systemet. Det sista steget i bergvärmesystem är dimensionering av värmelednings system det vill säga värme distribution i fastigheten. Det är oftast vattendrivna radiatorer eller vattendrivna golvvärme. Det är mest ekonomisk och bäst fungerande system är golvvärme vid bergvärmesystem. En av fördelarna med vatten drivna golvvärme system är att den behöver låga framlednings temperatur (35-40 grader), värmepumpen får bättre verkningsgrad ju lägre temperatur den arbetar i. I större byggnader som skolor, kontor, flerfamiljshus och liknande används mindre golvvärme för att det krävs en pump med större kapacitet på grund av större antal fördelare (18).

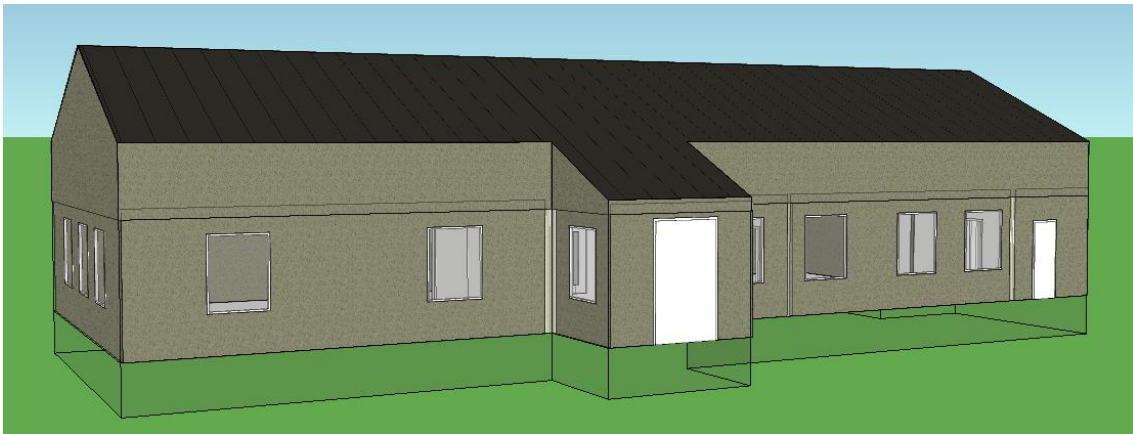
Energi behövs för uppvärmning av fastigheter genom värme distribution som radiatorer och för ventilationer. ventilations huvuduppgift är att utbyta luft i fastigheter, för att nå ett behagligt inomhusklimat genom att man transporterar bort fukt och föroreningar från fastigheten och tillförs frisk luft istället. Enligt byggbestämelsesamling ska ventilations-systemet utformas så att tillräckligt luftmängd tillförs byggnaden och att uteluften som förs in i byggnaden bör ha en acceptabel temperatur så att vistelseplats inte blir för kallt eller för varmt. I Finland måste tilluft temperaturen måste högas under större delar av året, detta medför i sin tur stora värmebehov för byggnaden.

En del av energibehovet är för varmvatten användning i fastigheten. Enligt byggbestämmelsesamling är 35-40 % av tappvattnet värms upp (19), genom värme överföring i en värmeväxlare från värmekällan som kan vara till exempel solvärme, bergvärme eller fjärrvärme. Tappvarmvatten temperaturen konstant hållas via en styrventil, ställdon, regulator och temperaturgivare monterad i utgående punkt i varmvattenledningen (20). För att varmvatteninstallationen bör undvika olyckor av förhöja temperatur för vatten som används av personligt hygien i vattenarmatur den får inte vara högre än 65 grader och minst 55 grader (19) .

## 3 IDA ICE

### 3.1 Genomförandet

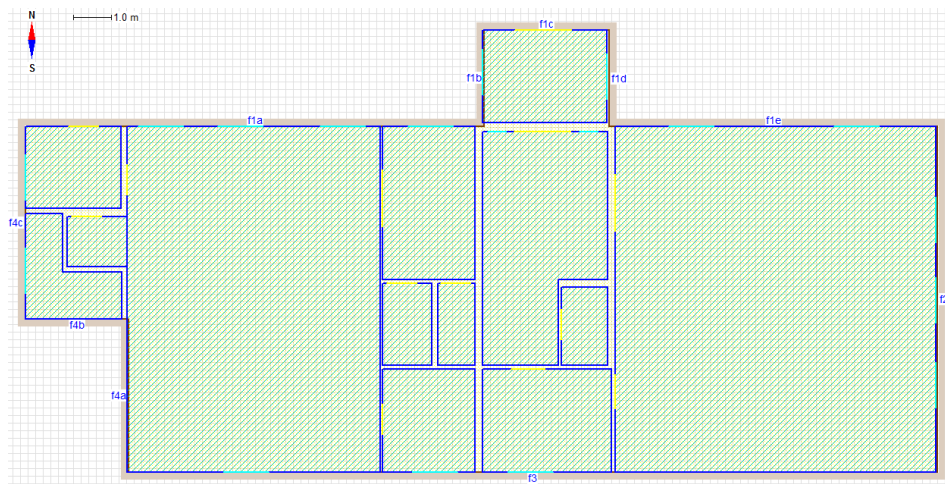
Jag har simulerat energianvändningen för Grännäs skolan, eftersom den består av tre byggnader så har jag simulerat varje byggnad i skild IDA ICE mapp. Jag har simulerat alla tre byggnaderna på samma sätt därför använder jag en av byggnaderna för genomgång i rapporten. Puukoulu (trä skola) kommer jag att använda i rapporten som exempel i genomgången. I figur 5. visas en 3D bild på Puukoulu från IDA ICE programmet.



*Figur 5. Puukoulu i 3D form*

#### 3.1.1 Zone och byggnadsskal

När man använder IDA ICE programmet för att beräkna energiförbrukningen börjar man med att skapa layouten för byggnaden. Detta gjorde jag genom att importera ritningen för byggnaden av skolan och använde det som ett underlag sedan ritade jag upp zonerna genom att använda sig av “New zone” funktion. Jag drog ut zonerna i rätt storlek och form med hjälp av ritningen som fanns i bakgrunden. Figur 6 visar planlösningen för byggnaden.



Figur 6. Planlösning

I nästa steg går man in i varje zon separat för att sätta in specifika värden. Där i figur 7. ställer man in antal belysning, antal personer samt datorer och andra apparater som ger värma i zonen. Man skriver även in hur mycket effekt(W) de ger. Där justeras vistelse tiden också, det vill säga till exempel hur ofta människor är där och hur länge apparaterna är på.

Name	Type	Wetted area, m2	Connect d to	Azimuth, Deg	Slope, Deg	Construct ion	U, W/m2K	Thicknes s, m	Layer material	Layer thickness, m	Layer material	Layer thickness, m	Layer material	Layer thickness, m	Layer material	Layer thickness, m	Layer material	Layer thickness, m	Layer material	Layer thickness, m	Layer material	Layer thickness, m	Layer material	Layer thickness, m
Floor	Int. floor	60.82	None		0.0	[Defa...	2.153	0.2	© Flo...	0.005	© L/...	0.005	© L/...	0.02	© Co...	0.17								
Ceiling f4b@B...	Ext. ...	0.104	Buildi...	180.0	90.0	[Defa...	0.1701	0.30422	© C4 ...	0.013	© C4 ...	2.2E-4	© C4 ...	0.237	© C4 ...	0.012	© C4 ...	0.022	© C4 ...	0.02				
Ceiling ceiling	Int cei...	60.66	tak		180.0	[Defa...	2.153	0.2	© Co...	0.17	© L/...	0.02	© L/...	0.005	© Flo...	0.005								
Wall 1	Ext. ...	11.97	Buildi...	0.0	90.0	[Defa...	0.1701	0.30422	© C4 ...	0.013	© C4 ...	2.2E-4	© C4 ...	0.237	© C4 ...	0.012	© C4 ...	0.022	© C4 ...	0.02				
Wall 2	Int. wall	19.07	wc 1; ...	90.0	90.0	[Defa...	0.6187	0.146	© Gy...	0.026	© Air i...	0.032	© Lig...	0.03	© Air i...	0.032	© Gy...	0.026						
Wall 3	99% ...	15.57	Buildi...	180.0	90.0	<mixe...	<mixe...	0.304...																
Wall 4	56% l...	22.07	föräd/...	270.0	90.0	<mixe...	<mixe...	0.304...																

Figur 7. översikt specifik zon

### 3.1.2 Byggmateriäl

Genom att gå in i general där efter väljer man default där kan man välja all byggmaterial för ytter och inner väggar, tak och golv. Enligt de material och tjocklekar som man väljer vilket de värden som jag använde var antingen givna från Duopoint eller från byggbestämmelsesamlingen så bestäms U-värdet för väggarna. I samma ställe väljer man fönster och dör och deras U-värde. Figur 8. är en bild på där man kan ändra U-värden och byggmaterialen.

U-värde:

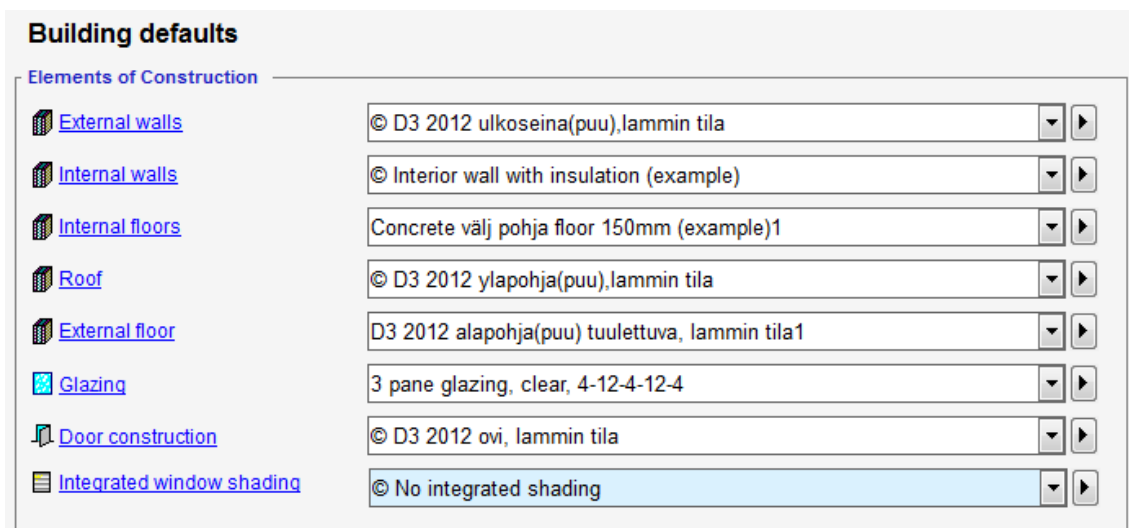
Jag valde U-värde för byggmaterialet enligt projektplanen som jag fick från Duopoint för den byggnaden som skall byggas och från byggbestämmelsesamling för de två byggnaderna som skall renoveras.

U-Dör och fönster = 0,8 W/m<sup>2</sup>K

U-Yttervägg = 0,16 W/m<sup>2</sup>K, enligt projektplan information, = 0,17 W/m<sup>2</sup>K enligt D5.

U-Golv = 0,11 W/m<sup>2</sup>K enligt projektplan information, = 0,16 W/m<sup>2</sup>K enligt D5.

U-Tak = 0,9 W/m<sup>2</sup>K



The screenshot shows a software interface titled "Building defaults" with a section "Elements of Construction". It lists various building components with their default material and U-value settings. Each entry has a dropdown menu and a right arrow button.

Element	Default Value
External walls	© D3 2012 ulkoseina(puu), lammin tila
Internal walls	© Interior wall with insulation (example)
Internal floors	Concrete välj pohja floor 150mm (example)1
Roof	© D3 2012 ylapohja(puu), lammin tila
External floor	D3 2012 alapohja(puu) tuulettuva, lammin tila1
Glazing	3 pane glazing, clear, 4-12-4-12-4
Door construction	© D3 2012 ovi, lammin tila
Integrated window shading	© No integrated shading

Figur 8. Byggmaterialens U-värde

### 3.1.3 Energianvändning för värme

På IDA ICE programmet måste man sätta in hur mycket varmvatten används för fastigheten och välja ventilationssystemet och lyft flödet för varje zon för att kunna få energibehovet beräknat.

Enligt D1 från byggbestämmelsesamling som handlar om Miljöministeriets förordning om fastigheters vatten- och avloppsinstallationer så är 35 % av vattenanvändningen måste vara varmvatten. Jag fick från Duopoint information om vattenanvändningen för skolan från år 2004 till år 2012, från de informationen beräknade jag varmvatten användningen.

#### Varmvattenberäkning

Medelvärde för skolans vatten användning =  $348 \text{ m}^3$

Antal dagar per år = 365 dagar

$348/365 = 0,95 \text{ m}^3/\text{dygn}$

Varmvatten andel av vatten användningen:  $0,95/3 = 0,32 \text{ m}^3/\text{dag}$

Jag satt ventilation värden enligt D2 byggbestämmelsesamling som handlar om inomhusklimat och ventilation. I allmänhet ska luftflöde vara minst  $0,35 \text{ (dm}^3/\text{s)/m}^2$  (21). I IDA ICE programmet finns några utvalda ventilationer systemet som man kan välja eller sätta in själv någon speciellt system, eftersom jag visste inte vilken system kommer att användas för skolan jag fick veta från Duopoint att de kommer använda en justerbar system. Då valde jag en ventilation system från IDA ICE programmet som heter VAV scheduled, som kan justeras, jag valde att det kommer vara på under skoltiden det vill säga under arbetsdagar och från klockan 08-17. Luft flödet valde jag enligt tabell 1. som är från byggbestämmelsesamlingen D2.







Utrymme/användning	Uteluftflöde (dm <sup>3</sup> /s)/pers	Uteluftflöde (dm <sup>3</sup> /s)/m <sup>2</sup>	Frånluft- flöde (dm <sup>3</sup> /s)/m <sup>2</sup>	Ljudnivå L <sub>A,eq,T</sub> / L <sub>A,max</sub> dB	Lufthastighet vinter/sommar m/s	Obs!
Undervisningslokaler	6	3		<b>33/38 *</b>	0,20/0,30	#4, *C1
Korridorer/samlingssalar		4		38/43		anv.
Gymnastiksal:						#2
– använd som gymnastiksal		2		38/43	0,30	#3
– använd som festsal		6		33/38	0,25	
Föreläsningssal	8	6		33/38	0,20/0,30	#4
Grupprum	8	4		33/38	0,20/0,30	#4
Matsal	6	5		33/38	0,25	
Förråd			0,35			#S
#1 För frånluftflöden för hygienutrymmen se tabell 11 Hygienutrymmen. #2 Riktvärdena för lufthastighet vid fasta arbetsplatser är desamma som för kontorsrum. #3 Inomhusklimat och ventilation dimensioneras enligt den mest krävande användningen och ska kunna styras efter behov för olika driftsituationer. #4 Utrymmets ventilation ska vara behovsstyrd. #S Överluft kan användas.						

Tabell 1. Till- och frånluft ventilation

## 3.2 IDA ICE Resultat

Simuleringen för energianvändningen för alla tre byggnaderna är för period 01.01.2015 t.o.m. 31.12.2012. IDA ICE programmet beräkningen Energianvändningen för den utvalda perioden, resultatet för energianvändningen som visas i figur 9. är för all energi som används i fastigheten. Programmet beräknar energi för värme och även för kylning och för el. Eftersom den bergvärmepumpen som kommer att användas är för bara värme det vill säga för uppvärmning och varmvatten användning, därför tar jag hänsyn för bara värme energi till fortsättning av arbetet.

### Delivered Energy Overview

	Delivered energy		Demand
	kWh	kWh/m <sup>2</sup>	kW
 Lighting, facility	2134	5.0	0.82
 Electric cooling	1487	3.5	3.59
 HVAC aux	1969	4.6	0.55
Total, Facility electric	5590	13.2	
 Fuel heating	34193	80.4	27.44
 Domestic hot water	2069	4.9	0.24
Total, Facility fuel*	36262	85.3	
Total	41852	98.4	
 Equipment, tenant	1016	2.4	0.34
Total, Tenant electric	1016	2.4	
Grand total	42868	100.8	

\*heating value



Figur 9. Puukoulu energianvändning

Jag jämförde resultatet med Granlund Oy projektet för säkerhets skull. Mina resultat från IDA ICE programmet var ganska nära Granlunds projekt, vilket får mig att bli nöjd med IDA ICE resultaten. Figur 10. visar resultatet på Granlund projekt, där har de fått 86 kWh/m<sup>2</sup> på värme energibehovet för Arabia skola som hade renoverat (22) . Värmebehovet för de tre byggnaderna för Grännäs skola är 83.7 kWh/m<sup>2</sup> för Kivikoulu, 85.3 kWh/m<sup>2</sup> för Puukoulu och 58,6 kWh/m<sup>2</sup> för Laajennus. Som bilaga 1(1) finns tabellen.

		Arabia			Puistola		
		2007	P1	P2	2007	P1	P2
Lämmityksen ominaiskulutus	kWh/brm <sup>2</sup>	135	42	34	124	59	55
Lämmityksen Energiansästä vs. 2007	%		69	75		53	56
Sähkön ominaiskulutus	kWh/brm <sup>2</sup>	48	39	39	41	38	38
Sähkön Energiansästä vs. 2007	%		20	19		9	9
Kokonaisenergian ominaiskulutus	kWh/brm <sup>2</sup>	183	86	78	165	99	96
Kokonaisenergiansästä vs. 2007	%		55	59		41	43

Figur 10. Granlunds projekt resultat

Denna tabell nedan har jag översatt själv från finska till svenska.

		Arabia			Puistola		
		2007	P1	P2	2007	P1	P2
Specifik Värme	kWh/brm <sup>2</sup>	135	42	34	124	59	55
Värme Energibesparing jämfört med 2007	%		69	75		53	56
Specifik elförbrukning	kWh/brm <sup>2</sup>	48	39	39	41	38	38
Elektricitet energibesparing jämfört med 2007	%		20	19		9	9
Den totala specifika energianvändning	kWh/brm <sup>2</sup>	183	86	78	165	99	96
Den totala eneribesparing jämfört med 2007	%		55	59		41	43

## 4 VAL AV BERGVÄRMEPUMP

Efter att jag fick resultatet från IDA ICE programmet på skolans energiförbrukning på ett år, kontaktade jag några företag som installerar värmepumpar både från Sverige och Finland för att hjälpa mig att rekommendera en lämplig bergvärmepump som kan passa för fastigheten enligt mina resultat.

Efter några samtal fick jag prata personligt med Anders Nordström som jobbar på Danfoss Oy i Finland. Jag skickade rapporten från IDA ICE programmet som innehöll all information som han skulle behöva för dimensioneringsprogrammet som de använder på Danfoss. Enligt Danfoss dimensioneringsprogrammet beräknar han en toppeffekt på 99 kW, men han tycker att det är för litet värde, det kommer jag förklarar mer under diskussion rubriken. Därför rekommenderade Nordström att använda två stycken DHP-M värmepumpar som ger ca.150 kW Figur (11) är en bild på värmepumpen. Förutom det behövs en mängd kW tillsats olja en kort tid som vi inte känner till. För att få den energimängden som värmepumpen behöver för att kunna funka så rekommenderar Nordström att borra 12 borrhål med 200 meter djupt.



*Figur 11. DPH-M värmepump*

## 5 DIMENSIONERING AV BORRHÅL

Man dimensionerar borrhål enligt den värmeenergin som fastigheten förbrukar under ett års tid. Enligt slutarbetet från Novia yrkeshögskola (23) så har jag beräknat antal borrhål som det behövs för Grännäs skolans energiförbrukning.

1.  $Q_{\text{borrhål}} = \text{årsenergibehov (kWh)} \times (1 - 1/\text{COP})$

- årsenergibehov i kilowattimmar (kWh) = 309 272 kWh
- COP = 3

➤  $Q_{\text{borrhål}} = 206\,181 \text{ kWh/a}$

2. Borrhåls djup,  $L_{\text{borrhål}} = \text{årsenergibehov (kWh)} \div 140 \frac{\text{kWh}}{\text{m} \times \text{a}}$

➤  $L_{\text{borrhål}} = 206\,181 \div 140 = 1\,472,72 \text{ meter}$

3. Den maximala längden på ett borrhål är 200 m

➤  $\text{Antal borrhål} = 1\,472,72 \div 200 = 7,36 \text{ borrhål}$

Detta antal borrhål krävs för att få den energibehovet som jag fick från IDA ICE programmet för Grännäs skolan, det vill säga då när den har en toppeffekt på 99 kW. Eftersom Nordström beräknar med en betydligt större toppeffekt, så mycket som 168 kW där får han med dimensionerings program 12 st. borrhål med 200 meter djupt.

Med de beräkningarna nedan jämför jag mina resultat och Danfoss oy resultat, vilket visat att de stämmer ihop.

- $168 \text{ kW} \div 99 \text{ kW} = 1,69$
- $1,69 \times 7,36 \text{ borrhål} = 12 \text{ st. borrhål}$

## 6 DISKUSSION OCH SLUTSATS

Resultaten visar att Grännäs skolans energianvändning för ett års tid är 309 272 kWh, 99 kW. Enligt Danfoss Oy rekommenderas två st. DPH-M värmepump som ger 168 kW för att klara den toppeffekten som skolan behöver, plus en mängd olja som kan behövas vid de kallaste dagarna. 12 styckena borrhål med 200 meter djupt krävs att borra för att få den värme energi som behövs för skolan.

Värme energianvändningen för skolan fördelas över uppvärmning system, ventilation system och tappvarm vatten. Eftersom ventilation systemet som används för denna skola är justerbar system och kommer att vara i bruk mellan 08-17 på vardagar, därför behöves största effekten just på morgonen då ventilationen startas. På morgonen när det flödar första tilluft mängden in i skolan är väldigt kallt då behövdes största mängden energi för att värme upp det som kallas för toppeffekt, Men efter en stund när värme växlaren är på då behövs mindre energi. Nordström från Danfoss behövde toppeffekten för ventilationen för att mata in det i dimensionering programmet som de använder så att kunna rekommendera en verklighet dimensionering värmepump. Eftersom IDA ICE programmet inte räknade toppeffekten på ventilationen, och jag fick själv inte reda på vilken ventilation system kommer att användas när jag frågade Duopoint. Jag försökte även med olika metoder att beräkna det, men ingen av resultaten tyckte Nordström att det var toppeffekten. Därför den toppeffekten som vi har använd för att bestämma värmepumpen är för liten, det vill säga den resultaten kan inte förverkligas Dessutom den värmepumpen som är rekommenderas att använda stämmer med antal borrhålen.

Den jämförelse som jag har gjort mellan min IDA ICE resultat för energianvändningen och Granlund Oy projekts arbete angående energianvändning för några skolor, så har vi resultaten ganska nära varandra vilket bevisar att mina resultat stämmer bra.

## 7 FRAMTIDSARBETE

Det som är viktigt att göra som framtidsarbete är att ta reda ventilationens toppeffekt, för att kunna bestämma en rätt värmepump som skulle kunna förverkligas. Det andra arbetet som är viktigt att göra ta reda på den olja mängden som behövs att använda vid sidan om bergvärmepumpen och att under vilken period kommer att behövas använda.

Det viktigaste som man skulle kunna göra är att byta den oljepannan som behövs under den kallaste tiden mot en miljövänligare och billigare energikälla, som till exempel solvärme eller vindmölla. Men eftersom på vinter under de kallaste dagarna finns det inte så mycket sol som man kan utnyttja. Därför vindmölla är bättre alternativet tills man hittar ett sätt att kunna spara solvärmes från sommaren och använda det på vintern.

## 8 KÄLLOR

1. <http://www.ekonomifakta.se/sv/Fakta/Energi/Energibalans-internationalt/Energitillforseln/> , hämtat (15.02.2015)
2. <http://www.wwf.se/vrt-arbete/klimat/mnsklig-pverkan/1124268-mnsklig-pverkan-klimat>, hämtat (15.02.2015)
3. <http://www.miljoborsen.se/gpage4.html>, hämtat (15.02.2015)
4. <http://www.ekonomifakta.se/sv/Fakta/Energi/Energibalans-internationalt/Energianvandning/> , hämtat (17.02.2015)
5. [http://www.riksdagen.se/sv/Dokument-Lagar/Forslag/Motioner/Energieffektivitet-och-minskad\\_H102N215/?text=true](http://www.riksdagen.se/sv/Dokument-Lagar/Forslag/Motioner/Energieffektivitet-och-minskad_H102N215/?text=true), hämtat (17.02.2015)
6. [http://www.motiva.fi/sv/bakgrundsinformation/energianvandningen\\_i\\_finland](http://www.motiva.fi/sv/bakgrundsinformation/energianvandningen_i_finland), hämtat (20.02.2015)
7. <http://www.miljoborsen.se/gpage2.html>, hämtat (25.02.2015)
8. [http://www.vaxthuseffekten.org/global\\_uppvarmning.htm](http://www.vaxthuseffekten.org/global_uppvarmning.htm), hämtat (25.02.2015)
9. <http://www.naturvardsverket.se/Miljoarbete-i-samhallet/Miljoarbete-i-Sverige/Uppdelat-efter-omrade/Energi/Fossila-branslen/> , hämtat (28.02.2015)
10. <http://www.skolverket.se/skolutveckling/lorande/nt/gymnasieutbildning/teknik/li-vscykelanalys/anvandbara-begrepp-2-koldioxidekvivalenter-1.219409>, hämtat (4.03.2015)
11. [http://www.stat.fi/til/ehk/2013/ehk\\_2013\\_2014-12-10\\_kuv\\_001\\_sv.html](http://www.stat.fi/til/ehk/2013/ehk_2013_2014-12-10_kuv_001_sv.html), hämtat (5.03.2015)
12. <http://www.miljoportalen.se/luft/vaexthusgaser/vaexthuseffekt-och-vaexthusgaser-vad-aer-det-egentligen>, hämtat (10.03.2015)
13. <http://www.geodrill.fi/sv/bergvarme/> , hämtat(10.03.2015)
14. <http://www.geodrill.fi/sv/bergvarme/borrhall-for-bergvarme-och-kyla/> , hämtat(10.03.2015)
15. [http://www.robertsfors.se/wp-content/uploads/2013/08/188193186-bergvarme\\_faktablad.pdf](http://www.robertsfors.se/wp-content/uploads/2013/08/188193186-bergvarme_faktablad.pdf), hämtat (20.03.2015)
16. [http://privat.bahnhof.se/wb810999//arne/vpump/hur\\_fungerar\\_pumpen.htm](http://privat.bahnhof.se/wb810999//arne/vpump/hur_fungerar_pumpen.htm), hämtat (20.2015)

17. <http://www.greenmatch.se/blogg/2014/08/vad-saeger-vaerdet-foer-cop-om-vaermepumpen>, hämtat (17.03.2015)
18. <https://www.rehau.com/download/1338916/rautherm-golvvarme-teknisk-information.pdf>, hämtat (20.03.2015)
19. [http://www.finlex.fi/data/normit/28208-D1\\_2007\\_sve.pdf](http://www.finlex.fi/data/normit/28208-D1_2007_sve.pdf), hämtat (25.03.2015)
20. [http://www.armatec.com/upload/handbocker/handbok\\_tappvatten\\_low\\_01.pdf](http://www.armatec.com/upload/handbocker/handbok_tappvatten_low_01.pdf), hämtat (3.04.2015)
21. [http://www.finlex.fi/data/normit/37187-D2-2012\\_\\_Svenska.pdf](http://www.finlex.fi/data/normit/37187-D2-2012__Svenska.pdf), hämtat (10.04.2015)
22. [http://www.greenetfinland.fi/fi/images/e/e1/Reinikainen\\_040509.pdf](http://www.greenetfinland.fi/fi/images/e/e1/Reinikainen_040509.pdf), hämtat (11.04.2015)
23. <http://www.theseus.fi/bitstream/handle/10024/33034/ExamensarbeteRonnieGranlund2011.pdf?sequence=1>, hämtat (20.03.2015)
24. [http://www.smhi.se/kunskapsbanken/klimatforandringar-orsakade-av-manniskan-1.3833\\_](http://www.smhi.se/kunskapsbanken/klimatforandringar-orsakade-av-manniskan-1.3833_), hämtat (18.05.2015)

## 9 BILAGOR

### Bilaga 1(1)

### Resultat av Granlund OY projekt

#### Simulointitulokset

		Arabia			Puistola		
		2007	P1	P2	2007	P1	P2
Lämmityksen ominaiskulutus	kWh/brm²	135	42	34	124	59	55
Lämmityksen Energiansäästö vs. 2007	%		69	75		53	56
Sähkön ominaiskulutus	kWh/brm²	48	39	39	41	38	38
Sähkön Energiansäästö vs. 2007	%		20	19		9	9
Kokonaisenergian ominaiskulutus	kWh/brm²	183	86	78	165	99	96
Kokonaisenergiansäästö vs. 2007	%		55	59		41	43

#### Johtopäätökset:

- Uudiskohteessa lämmitysenergian kulutustaso voidaan saada hyvinkin alas
- Sähkön osalta merkittävä kulutustason muutos on vaikeampi toteuttaa > vaatii uusia ratkaisuja valaistukseen ja huolellisuutta LVI-laitteiden sähkölaitteiden suunnitteluun
- Myös sähkölaitteiden käytön merkitys on ratkaiseva
- "Passiivieriarakennukseen" on vielä matkaa (jos rajana 20-30 kWh/brm²)